

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publicati n :
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

②1) N° d'enregistrement national : 97 04034

⑤1 Int Cl⁶ : G 02 B 7/182, G 02 B 7/183, 23/02

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

② Date de dépôt : 28.03.97.

30 Priorité -

71 Demandeur(s) : CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES — FB

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.10.98 Bulletin 98/40

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

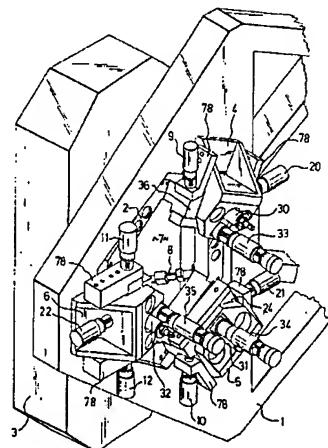
72 Inventeur(s) : BERRET LIONEL

73 Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BARBE LAFORGUE ET ASSOCIES

54 DISPOSITIF DE POSITIONNEMENT MICROMETRIQUE D'UN SUPPORT D'ELEMENT OPTIQUE SPATIAL
SELON SIX DEGRES DE LIBERTE

57 L'invention concerne un dispositif de positionnement micrométrique par rapport à un bâti (1) d'un support (2) d'élément optique (3) intégré dans un système spatial, qui comprend trois montures (4, 5, 6) solidaires du bâti (1) et, pour chaque monture des premiers moyens (9 à 12) de réglage selon une première direction, des deuxièmes moyens (20 à 22) de réglage selon une deuxième direction, des troisièmes moyens (30 à 35) de réglage micrométrique selon une troisième direction, et des moyens de blocage en position réglée du support (2) par rapport au bâti (1) comportant au moins une vis de blocage et une cale d'épaisseur.



FR 2761 486 - A1



2761486

1

DISPOSITIF DE POSITIONNEMENT MICROMETRIQUE D'UN SUPPORT
D'ELEMENT OPTIQUE SPATIAL SELON SIX DEGRES DE LIBERTE

L'invention concerne un dispositif de positionnement micrométrique d'un support d'élément optique intégré dans un système spatial, c'est-à-dire un système destiné à être lancé dans l'espace, par exemple un satellite artificiel, une station orbitale, une sonde planétaire...

10 Les systèmes spatiaux incorporent souvent des systèmes optiques, par exemple pour la réception d'images (observations planétaires ou astronomique), ou même parfois pour l'émission de rayons ou de signaux lumineux... Or, l'efficacité et la précision de ces 15 systèmes optiques sont étroitement liées au positionnement correct des éléments optiques qui les composent par rapport à un bâti solidaire du système spatial.

Certains systèmes optiques embarqués comportent des éléments optiques, dits actifs, pouvant être 20 réglés depuis le sol dans l'espace. Ces systèmes sont sophistiqués, lourds et encombrants, donc extrêmement coûteux, et sont réservés à des applications particulières (par exemple observations astronomiques) pour lesquelles la mobilité et les réglages en fonctionnement sont impératifs.

25 Par contre, de nombreux systèmes optiques intégrés dans des systèmes spatiaux comportent des éléments optiques, dits passifs, c'est-à-dire qui sont réglés et fixés par rapport au bâti au sol, et dont la position ne peut pas être réglée en vol. Le problème qui se pose avec 30 de tels systèmes optiques est alors celui de la précision du réglage initial au sol et de la conservation de ce réglage lors des phases de décollage (pendant lesquelles le système doit pouvoir supporter de fortes accélérations typiquement de 30 g ou plus), puis dans l'espace en 35 l'absence de gravité. Or, si ces réglages peuvent être facilement effectués selon un, deux ou trois degrés de liberté (par exemple pour le centrage d'un miroir sphérique), ou avec des précisions faibles (supérieures à

2761486

2

10 μm), le problème se pose de positionner un tel élément optique au sol avec une précision de l'ordre du micron et selon six degrés de liberté. Ce problème se pose en particulier pour le positionnement des miroirs asphériques 5 d'un télescope d'observation planétaire, dont les défauts de positionnement ne peuvent pas être compensés par un décentrement comme pour les télescopes à miroirs sphériques, et qui doivent permettre d'obtenir des résolutions très fines.

10 L'invention vise donc à pallier ces inconvénients en proposant un dispositif de positionnement micrométrique selon six degrés de liberté d'un élément optique par rapport à un bâti de système spatial permettant le réglage au sol avec une grande précision, le blocage en 15 position et le maintien en position lors du décollage et dans l'espace, la précision étant conservée.

L'invention vise aussi à obtenir ce positionnement de façon simple, peu coûteuse, et avec un faible poids et un faible encombrement des pièces intégrées 20 dans le système spatial.

L'invention vise plus particulièrement à proposer un dispositif de positionnement micrométrique pour les miroirs d'un télescope à miroirs asphériques intégré dans un satellite d'observation de la Terre.

25 Pour ce faire, l'invention concerne un dispositif de positionnement micrométrique, par rapport à un bâti, d'un support d'élément optique destiné à être intégré dans un système spatial, caractérisé en ce qu'il comprend trois montures solidaires du bâti et, pour chaque 30 monture :

. des premiers moyens de réglage en translation selon une première direction, d'une première portion du support par rapport à la monture,

35 . des deuxièmes moyens de réglage en translation selon une deuxième direction, au moins sensiblement orthogonale à la première direction, d'une deuxième portion du support par rapport à la monture,

. des troisièmes moyens de réglage

2761486

3

micrométrique en translation selon une troisième direction, au moins sensiblement orthogonale à la première et à la deuxième direction, d'une troisième portion du support par rapport à la monture, ces troisièmes moyens de réglage 5 micrométrique comprenant des moyens de mesure micrométrique de la distance séparant la troisième portion du support et une portion en regard de la monture,

les différents premiers, deuxièmes et troisième moyens de réglage des différentes montures étant 10 adaptés pour pouvoir supporter et maintenir le support et l'élément optique en place par rapport au bâti, et pour permettre le réglage de la position du support par rapport au bâti selon six degrés de liberté,

. des moyens de blocage en position réglée 15 du support par rapport au bâti comportant :

- au moins une vis de blocage associée au support et à la monture par l'intermédiaire de moyens de liaison adaptés pour être compatibles avec différentes positions et orientations relatives pouvant être prises par 20 le support par rapport aux montures, compte tenu des plages admises pour les amplitudes de réglage pour les différents moyens de réglage des différentes montures, la vis de blocage et les moyens de liaison étant adaptés pour bloquer, après serrage, la monture et le support l'un par 25 rapport à l'autre en position,

- au moins une cale dont l'épaisseur déterminée en fonction de la distance mesurée entre la troisième portion du support et la portion en regard de la monture, cette cale étant placée de façon à combler, avec 30 lesdits moyens de liaison, entièrement la distance séparant la monture du support autour de la vis de blocage,

de sorte que la position du support par rapport au bâti peut être réglée au sol avec une grande précision selon six degrés de liberté, puis bloquée avec 35 des vis de blocage permettant de maintenir cette position réglée lors du lancement du système spatial et dans l'espace.

Les possibilités de réglage selon trois

2761486

4

directions orthogonales au niveau de trois montures distinctes permettent un réglage avec six degrés de liberté pour le support et l'élément optique.

Par ailleurs, le blocage à l'aide de vis de 5 blocage, et avec des cales dont l'épaisseur est déterminée par une mesure d'épaisseur micrométrique, permet à l'élément optique de supporter les phases de décollage et de vol sans déréglage.

Dans toute la présente demande, 10 l'expression "au moins sensiblement selon une direction" englobe cette direction et les directions faisant, avec cette direction, un angle inférieur ou égal aux variations angulaires autorisées pour le support par rapport à cette direction dans les plages admises pour les amplitudes de 15 réglage pour les différents moyens de réglage. Il est à noter à cet égard que le dispositif permettant un positionnement micrométrique, les amplitudes des réglages sont faibles, de sorte que les trois directions de l'espace peuvent être définies, de façon équivalente pour la 20 cinématique générale du dispositif, soit en référence au support, soit en référence au bâti. Le support est, en outre, adapté pour définir des plans de référence et d'appui des moyens de réglage qui sont parallèles en position nominale (correspondant à la position du support 25 par rapport au bâti telle que définie théoriquement si toutes les pièces et les assemblages étaient parfaits) aux plans de référence et d'appui des moyens de réglage du bâti.

Dans cette mesure, lesdites première, 30 deuxième et troisième directions peuvent être définies et fixes par rapport au bâti ou par rapport au support. De préférence, ces trois directions sont définies et fixes par rapport au bâti.

Par ailleurs, les première, deuxième et 35 troisième directions désignent des directions géométriques communes aux trois montures.

Les première, deuxième et troisième directions sont trois directions au moins sensiblement

2761486

5

orthogonales deux à deux, c'est-à-dire qu'elles sont normalement orthogonales deux à deux en position nominale de l'élément optique par rapport au bâti, mais l'une ou plusieurs d'entre-elles peuvent ne pas satisfaire, dans 5 certaines positions, cette condition d'orthogonalité stricte dans les variantes où au moins une direction est définie et fixe par rapport au support alors qu'au moins une autre direction est définie et fixe par rapport au bâti.

10 Ainsi, la condition principale à laquelle ces trois directions et les différents moyens de réglage doivent satisfaire est de permettre des déplacements relatifs, dans au moins une certaine plage d'amplitudes, permettant le positionnement micrométrique de l'élément 15 optique en position optimale de fonctionnement, selon six degrés de liberté.

Avantageusement et selon l'invention, les 20 troisièmes moyens de réglage micrométrique sont adaptés pour permettre le réglage selon au moins trois précisions distinctes, à savoir une précision grossière, une précision moyenne et une précision fine. Avantageusement et selon l'invention, la précision fine est inférieure ou égale à 1 μm et lesdites précisions grossière et moyenne sont respectivement de l'ordre de 100 μm et 10 μm .

25 Avantageusement et selon l'invention, les troisièmes moyens de réglage micrométrique comprennent un dispositif de réglage grossier adapté pour permettre le réglage selon la précision grossière, et un dispositif de réglage fin distinct adapté pour permettre le réglage selon 30 les précisions moyenne et fine.

Avantageusement et selon l'invention, le 35 dispositif de réglage grossier est exempt de moyens de mesure de la distance entre la troisième portion du support et la portion en regard de la monture. Ces moyens de mesure peuvent être formés ou incorporés au dispositif de réglage fin ou, en variante, être distincts des dispositifs de réglage grossier et fin, et prévus spécifiquement.

Avantageusement et selon l'invention, le

2761486

6

dispositif de réglage grossier comprend :

- deux organes de rappel élastique adaptés pour exercer des forces de rappel antagonistes sur une première pièce qui est solidaire, soit de la monture, soit 5 du support,

- un système de réglage vis/écrou de la distance entre une deuxième pièce qui est solidaire respectivement soit du support (si la première pièce est solidaire de la monture), soit de la monture (si la 10 première pièce est solidaire du support), et une pièce complémentaire, l'un des organes de rappel élastique prenant appui sur ladite pièce complémentaire tandis que l'autre organe de rappel élastique prend appui sur cette deuxième pièce. On entend par "solidaire" le fait que la 15 pièce est portée ou formée par la monture ou le support.

Avantageusement et selon l'invention, les organes de rappel travaillent en compression.

Avantageusement et selon l'invention, les deux organes de rappel élastique sont des cylindres de 20 matériau synthétique élastique en compression, et le système vis/écrou est adapté pour que les deux cylindres soient à l'état comprimé en toute position de réglage.

Avantageusement et selon l'invention, la 25 raideur de chacun des organes de rappel élastique est adaptée pour permettre le maintien en position du support par rapport au bâti sous l'effet de la gravité mais pour autoriser des réglages par action sur les premiers et deuxièmes moyens de réglage et sur le dispositif de réglage fin des troisièmes moyens de réglage micrométrique.

30 Avantageusement et selon l'invention, le système vis/écrou comprend une tige traversant un alésage ménagé à travers ladite première pièce, et cet alésage est d'un diamètre interne supérieur au diamètre externe de la tige de façon à permettre les déplacements relatifs et les 35 réglages selon lesdites première et deuxième directions.

Avantageusement et selon l'invention, des rondelles en matériau à faible coefficient de frottement statique sont interposées de chaque côté de l'alésage,

2761486

7

entre chaque extrémité des organes de rappel élastique et une face d'appui en regard de la première pièce, de façon à faciliter les déplacements relatifs selon les première et deuxième directions sous l'effet des premiers et deuxièmes 5 moyens de réglage.

Avantageusement et selon l'invention, le dispositif de réglage fin est adapté pour repousser lesdites première et deuxième pièces à l'encontre des organes de rappel élastiques du dispositif de réglage 10 grossier.

Avantageusement et selon l'invention, le dispositif de réglage fin comprend des moyens de mesure micrométrique de la distance séparant la troisième portion du support et la portion en regard de la monture selon deux 15 sensibilités distinctes, à savoir une sensibilité moyenne et une sensibilité fine. Avantageusement et selon l'invention, les sensibilités moyenne et fine correspondent auxdites précisions moyenne et fine, et sont notamment respectivement de l'ordre de 10 μm , et inférieure ou égale 20 à 1 μm .

Avantageusement et selon l'invention, le dispositif de réglage fin comprend un corps porté par la monture et une tige mobile selon la troisième direction et dont l'extrémité libre vient au contact en appui sur une 25 portée de la troisième portion du support. Avantageusement et selon l'invention, le dispositif de réglage fin est constitué d'une butée micrométrique différentielle. Avantageusement et selon l'invention, cette butée micrométrique différentielle comprend une tige mobile dont 30 l'extrémité libre vient en appui contre une portée, et cette portée est, au moins en position nominale, perpendiculaire à la direction axiale de déplacement de la tige mobile de cette butée.

Avantageusement et selon l'invention, 35 chaque vis de blocage s'étend au moins sensiblement selon ladite troisième direction.

Par ailleurs, avantageusement et selon l'invention, les moyens de liaison comprennent, pour chaque

2761486

8

vis de blocage, deux paires de rondelles à portées sphériques en contact, ces paires de rondelles venant en appui respectivement contre des portées orientées en sens opposés de façon à permettre le serrage de la vis de blocage avec différentes orientations relatives du support et de la monture. En variante et selon l'invention, les moyens de liaison comprennent, pour chaque vis de blocage, une liaison rotule.

Avantageusement et selon l'invention, le dispositif est caractérisé en ce que, pour chaque vis de blocage, le support comprend un taraudage de réception pour une extrémité de la vis de blocage, et la monture comprend une portée d'appui d'une tête de la vis de blocage, et un alésage traversé par la vis de blocage, et en ce que le diamètre interne de l'alésage est supérieur au diamètre externe de la vis de blocage d'une valeur suffisante pour permettre le serrage de la vis de blocage dans le taraudage en toute position du support par rapport au bâti réglée selon les première et deuxième directions, dans la mesure des courses de réglage prévues.

Avantageusement et selon l'invention, les moyens de liaison comportent une paire de rondelles à portées sphériques en contact interposée entre la tête de la vis de blocage et la portée d'appui de la monture, et une paire de rondelles à portées sphériques en contact placée autour de la vis de blocage entre la monture et le support. Plus particulièrement, avantageusement et selon l'invention, une paire de rondelles à portées sphériques en contact vient au contact d'une portée de la monture orientée vers le support. Avantageusement et selon l'invention, la cale est une rondelle interposée entre cette paire de rondelles à portées sphériques en contact qui vient au contact d'une portée de la monture, et une portée de la troisième portion du support.

Par ailleurs, avantageusement et selon l'invention, les premiers moyens de réglages et/ou les deuxièmes moyens de réglage comportent une butée micrométrique portée par la monture ou par le support,

2761486

9

cette butée micrométrique ayant une tige dont l'extrémité libre vient au contact d'une portée en regard respectivement du support ou de la monture. Avantageusement, chaque portée est, au moins en position 5 nominale, perpendiculaire à la direction axiale de déplacement de la tige de la butée.

De préférence et selon l'invention, les butées micrométriques des premiers, deuxièmes et troisièmes moyens de réglage sont portées par les montures et leur 10 tige mobile vient en appui contre des portées en regard du support.

Avantageusement et selon l'invention, les trois montures s'étendent globalement selon un même plan au moins sensiblement perpendiculaire à ladite troisième 15 direction, les moyens de réglage selon la première et la deuxième direction étant des moyens de centrage de l'élément optique par rapport aux montures. Les trois montures sont disposées préférentiellement selon une répartition angulaire relative la plus voisine possible 20 (compte tenu des autres contraintes du dispositif et du système optique, notamment de la forme de l'élément optique) d'une répartition à 120 degrés les unes des autres autour d'un axe au moins sensiblement parallèle à la troisième direction.

25 Avantageusement et selon l'invention, les différents moyens de réglage présentent des pièces adaptées pour être amovibles et dissociées du bâti et/ou du support après le blocage en position réglée. En particulier, avantageusement et selon l'invention, les organes de rappel 30 élastique et le système vis/écrou du dispositif de réglage grossier des troisièmes moyens de réglage micrométrique, et les différentes butées micrométriques sont montées de façon à être amovibles après le blocage en position réglée.

35 Avantageusement et selon l'invention, les moyens de blocage sont dimensionnés de façon à pouvoir supporter une accélération maximum comprise entre 15 g et 60 g dans toute direction sans modification du réglage.

L'invention s'étend aussi à un dispositif

2761486

10

caractérisé en ce qu'il comprend en combinaison tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

L'invention concerne aussi plus 5 particulièrement l'application d'un dispositif selon l'invention pour la position micrométrique d'un miroir asphérique d'un télescope d'observation terrestre depuis l'espace. L'invention permet néanmoins aussi le positionnement micrométrique de tout autre élément optique 10 de façon semblable (détecteur, source lumineuse, lentille, ...) pour d'autres systèmes optiques (interféromètre...) ou d'autres systèmes spatiaux (sondes planétaires, satellites d'observation astronomique, stations orbitales...).

D'autres caractéristiques, buts et 15 avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective 20 illustrant un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention pour le positionnement micrométrique d'un miroir asphérique représenté en configuration de réglage,

- la figure 2 est une vue similaire à la figure 1, le dispositif étant représenté en configuration de vol,

25 - la figure 3 est une vue en perspective et en coupe selon le plan des vis de blocage de l'une des montures, du dispositif de la figure 1 en configuration de réglage,

- la figure 4 est une vue similaire à la 30 figure 3 et avec une vue de détail partiel en coupe d'une vis de blocage, le dispositif étant représenté en configuration de vol,

- la figure 5 est une vue en perspective et 35 en coupe par un plan selon la deuxième direction passant par les troisièmes moyens de réglage de l'une des montures, du dispositif de la figure 1 en configuration de réglage,

- la figure 6 est une vue similaire à la figure 5, le dispositif étant représenté en configuration

2761486

11

de vol.

Sur la figure 1, on a représenté un dispositif de positionnement micrométrique par rapport à un bâti 1 d'un support 2 d'un miroir asphérique 3 faisant 5 partie d'un télescope à miroirs asphériques intégré dans un satellite d'observation de la Terre. Le bâti 1 est solidaire de la structure du satellite. Chacun des miroirs du télescope étant monté sur un support relié au bâti 1 par un dispositif de positionnement micrométrique selon 10 l'invention, les miroirs sont positionnés les uns par rapport aux autres avec une très grande précision.

Sur la figure 1, le dispositif de positionnement micrométrique est représenté en configuration de réglage au sol, l'axe optique principal du 15 miroir 3 étant au moins sensiblement horizontal.

Le dispositif selon l'invention comprend trois montures 4, 5, 6 qui sont solidaires du bâti 1 et disposées autour d'une ouverture 7 ménagée à travers le bâti 1 pour recevoir le support 2. Les montures 4, 5, 6 20 sont disposées selon une répartition angulaire relative la plus proche possible d'une répartition à 120° les unes des autres autour de l'ouverture 7. Les montures 4, 5, 6 sont en forme générale de potence, de façon à présenter des portions qui s'étendent radialement en saillie vers le 25 centre de l'ouverture 7, pour venir en regard du support 2 inséré dans l'ouverture 7.

Le support 2 a une forme générale de cadre rigide (figures 3 et 4), et le miroir 3 est relié, de façon connue en soi, à ce support 2 par l'intermédiaire de pattes 30 de fixation 8 appropriées réalisant un montage isostatique.

Chaque monture 4, 5, 6 comprend au moins une butée micrométrique 9, 10, 11, 12 de réglage en translation selon une première direction, qui est la direction verticale dans le mode de réalisation représenté, 35 d'une première portion 13, 14, 15, 16 en regard du support 2.

Chaque butée micrométrique 9, 10, 11, 12 comprend un corps 17 de butée porté par la monture 4, 5, 6

2761486

12

et une tige d'actionnement 18 venant en appui contre une portée 19 qui est au moins sensiblement perpendiculaire à la direction axiale de la tige 18 (c'est-à-dire à la direction verticale) et qui est solidaire de ladite 5 première portion 13, 14, 15, 16 du support 2. De préférence, les portées 19 sont formées de pièces rapportées en alliage spécial de grande dureté (par exemple, en acier marval).

Dans le mode de réalisation représenté, de 10 préférence et selon l'invention, le dispositif comprend une monture supérieure droite 4, une monture inférieure droite 5, et une monture 6 gauche placée à une hauteur médiane.

La monture 4 supérieure droite comprend une butée micrométrique 9 verticale adaptée pour repousser la 15 première portion 13 en regard du support 2 vers le bas. La monture inférieure droite 5 comprend une butée micrométrique 10 verticale adaptée pour repousser la première portion 14 en regard du support 2 vers le haut. La monture gauche médiane 6 comprend une butée micrométrique 20 verticale 11 supérieure repoussant une portion 15 du support 2 en regard vers le bas, et une butée micrométrique verticale inférieure 12 repoussant une portion 16 en regard du support 2 vers le haut. Ainsi, les différentes butées 9 à 12 sont adaptées pour agir suivant la direction verticale 25 dans des sens opposés, et autorise donc des réglages isostatiques.

Le support 2 est porté dans la direction verticale par les deux butées micrométriques 10, 12 dont les tiges d'actionnement sont orientées vers le haut 30 verticalement.

Chaque monture 4, 5, 6 comprend également au moins une butée micrométrique 20, 21, 22 de réglage en translation selon une deuxième direction qui est la direction horizontale transversale parallèle au plan de 35 l'ouverture 7, d'une deuxième portion 24, 25 en regard du support 2. Cette deuxième direction est orthogonale à la première direction.

Ces butées micrométriques 20, 21, 22 sont

2761486

13

constituées de la même façon que les butées micrométriques 9, 10, 11, 12 verticales, et comprennent donc un corps 17 porté par la monture 4, 5, 6 et une tige mobile 18 dont l'extrémité libre vient en appui contre une portée 26 en 5 regard solidaire du support 2. La portée 26 s'étend au moins sensiblement perpendiculairement à l'axe de la tige mobile de la butée 20, 21, 22, et est avantageusement constituée d'une pièce rapportée sur le support 2 en alliage de grande dureté.

10 La monture supérieure droite 4 comprend une butée micrométrique 20 horizontale repoussant la portion en regard (non visible sur les figures) du support 2 vers la gauche horizontalement. La monture inférieure droite 5 comprend une butée micrométrique 21 repoussant la deuxième 15 portion 24 en regard du support 2 vers la gauche horizontalement. La monture médiane gauche 6 comprend une butée micrométrique 22 horizontale repoussant une deuxième portion 25 en regard du support 2 vers la droite horizontalement. Les différentes butées 20 à 22 sont aussi 20 adaptées pour agir suivant la direction horizontale transversale dans des sens opposés, et autorise ainsi des réglages isostatiques. De la sorte, les différentes butées micrométriques verticales 9, 10, 11, 12 et horizontales 20, 21, 22 forment des premiers moyens 9 à 12 de réglage en 25 translation selon la direction verticale et, respectivement, des deuxièmes moyens 20 à 22 de réglage en translation horizontale permettant de centrer le support 2 par rapport aux trois montures 4, 5, 6 et par rapport à l'ouverture 7 du bâti 1.

30 Le support 2 comprend trois extensions 27, 28, 29 s'étendant perpendiculairement à son plan, de façon à venir en regard de chacune des montures 4, 5, 6 pour définir les différentes portions du support 2 qui coopèrent avec les différentes butées micrométriques 9 à 12 et 20 à 35 22 verticales et horizontales de centrage du support 2 dans l'ouverture 7. Les trois extensions 27, 28, 29 sont donc disposées avec la même répartition angulaire que les montures 4, 5, 6, c'est-à-dire au moins sensiblement à 120°

2761486

14

les unes des autres sur le cadre formant le support 2.

Ainsi, les butées micrométriques 9, 10, 11, 12 verticales forment des premiers moyens 9 à 12 de réglage en translation selon la première direction verticale d'une 5 première portion 13 à 16 du support 2 par rapport à la monture 4, 5, 6. Les butées micrométriques 20, 21, 22 horizontales transversales s'étendant parallèlement au plan de l'ouverture 7 forment des deuxièmes moyens 20 à 22 de réglage en translation selon une deuxième direction, 10 orthogonale à la première direction, d'une deuxième portion 24, 25 du support 2 par rapport à la monture 4, 5, 6. Sur la configuration représentée, cette deuxième direction correspond donc à la direction horizontale transversale, c'est-à-dire à la direction horizontale parallèle au plan 15 de l'ouverture 7.

Le dispositif de positionnement micrométrique selon l'invention comporte en outre des troisièmes moyens 30 à 35 de réglage micrométrique en translation selon une troisième direction qui est 20 orthogonale à la première et à la deuxième direction, d'une troisième portion 36, 37, 38 du support 2 par rapport à la monture 4, 5, 6. Cette troisième direction est de préférence la direction horizontale axiale de l'ouverture 7, c'est-à-dire la direction horizontale orthogonale à la 25 première direction verticale et à la deuxième direction horizontale transversale. Cette troisième direction correspond également en général à l'axe de visée optique du télescope, et/ou à l'axe principal du miroir 3, et le support 2 est peu incliné ou n'est pas incliné par rapport 30 à cette troisième direction, selon la configuration du système optique (centrée ou hors axe).

Plus particulièrement, il est à noter que lorsque le support 2, en forme de cadre plan, est dans sa position de réglage parfait, les extensions 27, 28, 29 35 définissent un plan vertical qui est peu incliné ou n'est pas incliné par rapport au plan vertical de l'ouverture 7, et donc par rapport au plan vertical défini par les montures 4, 5, 6. Cette inclinaison est notamment

2761486

15

suffisamment faible pour que les angles relatifs entre les première, deuxième et troisième directions prises en référence au bâti 1, et respectivement, les directions correspondantes verticale, horizontale transversale, et 5 horizontale axiale prises en référence au support 2, présentent des valeurs de l'ordre de quelques dizaines de milliradians correspondant aux courses maximales des réglages permis du support 2 selon la troisième direction.

Les trois montures 4, 5, 6 s'étendent 10 globalement selon un même plan perpendiculaire à la troisième direction, et les premiers moyens 9 à 12 de réglage et les deuxièmes moyens 20 à 22 de réglage selon la première et, respectivement, selon la deuxième direction, sont des moyens de centrage du support 2 et du miroir 3 par 15 rapport aux montures 4, 5, 6, et par rapport à l'ouverture 7. Les trois montures 4, 5, 6 sont disposées de préférence au moins sensiblement à 120° les unes des autres autour d'un axe au moins sensiblement parallèle à la troisième direction. De préférence, lors du réglage, la troisième 20 direction est au moins sensiblement horizontale et la première direction est au moins sensiblement verticale. Néanmoins, l'orientation du dispositif lors du réglage est en fait sans importance, et d'autres orientations sont possibles. En particulier, en variante, la troisième 25 direction correspondant à l'axe optique du miroir peut être colinéaire à la direction verticale lors de l'intégration au sol.

L'orientation du dispositif selon 30 l'invention au lancement par rapport à la direction de poussée de la fusée est aussi sans importance, le dispositif étant dimensionné en configuration serrée/bloquée pour supporter l'accélération de décollage (30 g ou plus) dans toute direction.

Les troisièmes moyens 30 à 35 de réglage 35 micrométrique comprennent, pour chaque monture 4, 5, 6, un dispositif de réglage grossier 30, 31, 32 adapté pour permettre le réglage selon une précision grossière et un dispositif de réglage fin 33, 34, 35, adapté pour permettre

2761486

16

un réglage selon des précisions moyenne et fine.

Les figures 3 et 5 représentent en coupe les troisièmes moyens 32, 35 de réglage de la monture médiane gauche 6. Par la suite, seuls ces troisièmes moyens 5 32, 35 sont décrits en détail, étant entendu que les mêmes organes et dispositifs sont prévus pour les deux autres montures supérieure droite 4 et inférieure droite 5.

Le dispositif de réglage grossier 32 comprend une tige filetée 40 dont une extrémité est vissée 10 dans un taraudage borgne 41 du support 2. La tige 40 et le taraudage 41 s'étendent parallèlement à la direction horizontale axiale du support 2, c'est-à-dire sensiblement selon la troisième direction, l'inclinaison entre ces deux directions étant nulle en position nominale et faible après 15 réglage. La tige 40 s'étend en direction de la monture 6 qu'elle traverse par un alésage 42 dont le diamètre interne est supérieur au diamètre externe de la tige 40. La troisième portion 38 du support 2 en regard de la monture 6 comprend un logement 43 de réception d'un cylindre 44 de 20 matériau synthétique élastique traversé axialement par la tige 40. Ce cylindre 44 est donc interposé entre le support 2 et la monture 6 et s'étend autour de la tige 40. Au moins une rondelle 45 en matériau à faible coefficient de frottement statique, par exemple en TEFLON ou revêtue de 25 NUFLON (marques enregistrées) est interposée entre le fond du logement 43 du support 2 et une extrémité correspondante du cylindre 44. De même, au moins une rondelle 46 en matériau à faible coefficient de frottement statique est interposée entre l'autre extrémité du cylindre 44 et une 30 portée 52 de la monture 6. Le cylindre 44 et les rondelles 45, 46 ont un diamètre interne qui correspond au diamètre externe de la tige 40. De préférence, deux rondelles 45, 46 sont prévues à chaque extrémité du cylindre 44.

La tige 40 est prolongée au-delà de 35 l'alésage 42 de façon à pouvoir recevoir, de l'autre côté de cet alésage 42 et de la monture 6, un cylindre 47 de matériau synthétique élastique similaire au cylindre 44. La tige 40 traverse axialement tout le cylindre 47, et

2761486

17

l'extrémité de cette tige 40 reçoit un écrou 48. Au moins une rondelle 50 en matériau à faible coefficient de frottement statique est interposée entre l'écrou 48 et l'extrémité correspondante du cylindre 47. De même, au moins une rondelle 51 en matériau à faible coefficient de frottement statique est interposée entre l'autre extrémité du cylindre 47 et une portée correspondante, définie autour de l'alésage 42, de la monture 6. De préférence, deux rondelles 50, 51 sont prévues à chaque extrémité du cylindre 47.

De cette manière, les différentes rondelles 45, 46, 50, 51 facilitent et permettent les déplacements relatifs, selon les première et deuxième directions, du support 2 par rapport à la monture 6 sous l'effet des premiers et deuxièmes moyens de réglage.

L'extrémité libre de la tige 40 est adaptée pour permettre sa coopération avec un outil pour le vissage et le dévissage de cette tige 40 par rapport au taraudage 41 du support 2. Par exemple, cette extrémité libre 49 est carrée.

L'écrou 48 est vissé sur la tige 40 pour comprimer axialement les deux cylindres 44, 47. Ces deux cylindres 44, 47 ont chacun une longueur telle qu'ils sont tous deux à l'état comprimé en toute position de réglage du support 2 par rapport au bâti 1.

Ainsi, les deux cylindres 44, 47 élastiques constituent des organes de rappel élastiques qui exercent des forces de rappel antagonistes sur la monture 6, c'est-à-dire respectivement de chaque côté de l'alésage 42. La tige 40 et l'écrou 48 constituent un système de réglage vis/écrou de la distance entre la troisième portion 38 du support 2 et l'écrou 48, le cylindre 47 prenant appui sur l'écrou 48 par l'intermédiaire de la (ou des) rondelle(s) 50, tandis que le cylindre 44 prend appui sur cette troisième portion du support 2 par l'intermédiaire de la (ou des) rondelle(s) 51.

La raideur de chacun des cylindres 44, 47 dans la direction axiale (troisième direction) est adaptée

2761486

18

pour permettre le maintien en position du support 2 par rapport bâti 1 sous l'effet de la gravité, mais pour autoriser des réglages par action sur les premiers 9 à 12 et deuxièmes 20 à 22 moyens de réglage et sur le dispositif 5 de réglage fin 33 à 35 des troisièmes moyens 30 à 35 de réglage micrométriques décrits ci-après.

La différence entre le diamètre interne de l'alésage 42 et le diamètre externe de la tige 40 est adaptée pour permettre les déplacements relatifs et les 10 réglages selon les première et deuxième directions.

Comme on le voit, ce dispositif de réglage grossier 32 est exempt de moyen de mesure de la distance séparant la troisième portion 38 du support 2 de la portion en regard de la monture 6 (qui est formée de la portée 52 15 autour de l'alésage 42 sur laquelle le cylindre 44 vient en appui par l'intermédiaire de la rondelle 46). La mesure lors du réglage grossier est en effet effectuée grâce à des moyens de mesure micrométrique formés par le dispositif de réglage fin 35.

En serrant l'écrou 48 sur la tige filetée 40, on comprime les deux cylindres 44, 47 et on rapproche la monture 6 du support 2 selon la troisième direction axiale. Si p est le pas de la tige filetée 40, K_1 le coefficient de raideur élastique axiale du cylindre 47 25 interposé entre l'écrou 48 et la monture 6, et K_2 le coefficient de raideur axiale du cylindre 44 interposé entre le support 2 et la monture 6, la précision grossière de ce dispositif de réglage 32 est égale à $p \times K_2 / (K_1 + K_2)$ par tour de l'écrou 48, soit $p/2$ si $K_1 = K_2$. Cette précision 30 grossière peut ainsi être adaptée à la valeur désirée dans la limite des valeurs possibles pour K_1 et K_2 , par un choix approprié du rapport K_1/K_2 et du pas p de la tige filetée 40 et de l'écrou 48. Par exemple, si le pas p est égal à 0,5 mm/tour et si $K_1 = K_2$, on obtient une précision 35 grossière sur un quart de tour de l'ordre de 62,5 μm . Les cylindres 44, 47 sont avantageusement constitués de matériau élastomère tel qu'un caoutchouc, dont la raideur est par exemple de l'ordre de 50 N/mm. En variante, on peut

2761486

19

utiliser des ressorts de compression à la place des cylindres 44, 47.

Il est à noter que d'autres variantes de réalisation de ce dispositif de réglage grossier 30 à 32 5 sont possibles. Par exemple, la tige 40 et l'écrou 48 peuvent être remplacés par une vis dont la tête remplace l'écrou 48 et dont l'extrémité libre est insérée dans un taraudage du support 2 suffisamment long pour permettre le serrage et le desserrage de cette vis en vue du réglage. 10 Dans une autre variante, la tige 40 peut traverser le support 2 qui est alors doté d'un alésage de plus grand diamètre à la place du taraudage 41, la tige filetée étant alors vissée dans un taraudage de la monture 6 et l'écrou de serrage étant disposé de l'autre côté du support 2, 15 c'est-à-dire du côté du miroir 3. Dans ce cas, les cylindres de rappel élastique sont placés de part et d'autre du support 2 et exercent des forces de rappel antagonistes, non pas sur la monture, mais sur le support 2. Du point de vue cinématique, ce dernier montage est 20 équivalent au précédent dans la mesure où le serrage de l'écrou aura encore pour effet de comprimer les deux cylindres et de rapprocher la monture 6 du support 2.

Le dispositif de réglage fin 35 est adapté pour repousser le support 2 et la monture 6 à l'encontre 25 des cylindres 44, 47 de rappel élastique du dispositif de réglage grossier 32. Ce dispositif de réglage fin 35 est constitué d'une butée micrométrique différentielle, c'est- à-dire une butée micrométrique comprenant deux molettes de réglage selon deux précisions différentes, à savoir une 30 molette de réglage selon une précision moyenne, et une molette de réglage selon une précision fine. La précision fine est inférieure ou égale à 1 μm , de façon à permettre le réglage selon la troisième direction au micron près. La précision moyenne est par exemple de l'ordre de 10 μm . La 35 butée micrométrique différentielle 35 comprend un corps 53 porté par la monture 6, et une tige 54 mobile selon la troisième direction dont l'extrémité libre vient au contact en appui sur une portée 55 en regard de la troisième

2761486

20

portion 38 du support 2 (figure 5). En tournant les molettes de réglage de la butée 35, la tige 54 se déploie et repousse cette portée 55, ce qui a pour effet d'éloigner le support 2 de la monture 6, donc de décomprimer le 5 cylindre 44 en comprimant le cylindre 47.

Il est à noter que les trois butées micrométriques différentielles 33 à 35 repoussent le support 2 selon la direction horizontale axiale toutes les 10 trois dans le même sens, le rappel dans l'autre sens étant assuré par les cylindres élastiques 44, 47 du dispositif de réglage grossier 30 à 32. Dès lors, on autorise aussi un réglage isostatique suivant cette troisième direction du support 2 par rapport au bâti 1.

Cette butée micrométrique différentielle 35 15 constitue également des moyens permettant la mesure micrométrique de la distance séparant la troisième portion 38 du support 2 et la portion en regard de la monture 6, et ce selon deux sensibilités distinctes, à savoir une sensibilité moyenne de l'ordre de 10 μm et une sensibilité 20 fine inférieure ou égale à 1 μm . La butée micrométrique différentielle 35 servant à la fois au réglage micrométrique de la position du support 2 par rapport à la monture 6 selon la troisième direction et à la mesure micrométrique de la distance séparant le support 2 de la 25 monture 6, les sensibilités moyenne et fine correspondent aux précisions moyenne et fine. Il est à noter cependant qu'en variante il serait possible de prévoir des moyens de mesure micrométrique distincts du dispositif de réglage fin.

30 Pour la mesure de cette distance, il suffit à partir de la position réglée, d'insérer une cale d'épaisseur étalon autour de la tige 54 de la butée 35 et de desserrer cette butée 35 (c'est-à-dire de rétracter la tige 54 en agissant sur les molettes) jusqu'à ce que la 35 portée 55 du support 2 et la portée 51 en regard de la monture 6 viennent au contact de la cale d'épaisseur. Connaissant l'épaisseur de cette cale, on peut déterminer la distance initiale entre la portée 55 du support et la

2761486

21

portée 52 de la monture 6. En outre, la butée micrométrique différentielle 35 étant dotée de verniers, il est aisé de revenir à cette position de réglage, et ce à la précision voulue de 1 µm.

5 Le dispositif de positionnement micrométrique selon l'invention comprend donc les trois dispositifs de réglage grossier 30, 31, 32, qui sont tous similaires au dispositif 32 décrit ci-dessus, et trois butées micrométriques différentes 33, 34, 35 similaires 10 à la butée 35 décrite ci-dessus. Ainsi, les troisièmes moyens 30 à 35 de réglage micrométrique selon la troisième direction sont des moyens de réglage à double étage, à savoir un étage grossier à système vis/écrou, et un étage fin à butée micrométrique différentielle.

15 Les différents moyens de réglage 9 à 12, 20 à 22 et 30 à 35 du dispositif selon l'invention, selon les trois directions orthogonale, constituent un ensemble isostatique de liaison entre le support 2 et le bâti 1. De la sorte, les déplacements relatifs du support 2 effectués 20 selon une direction n'influencent pas les réglages de la position du support 2 dans les deux autres directions orthogonales, et les réglages sont grandement facilités.

Il est à noter que les extensions 26, 27, 25 28 du support 2 définissent des portées planes 19, 26, 55 s'étendant perpendiculairement aux directions de poussée des butées 9 à 12, 20 à 22, 33 à 35 micrométriques en regard. Il en va de même de chacune des portées de chaque monture 4, 5, 6 sur lesquelles les cylindres 44, 47 viennent en appui, qui sont perpendiculaires à l'axe des 30 tiges filetées 40 et des taraudages 41 du dispositif de réglage grossier 30 à 32.

Une fois le réglage en position optimale de fonctionnement effectué, grâce aux moyens de réglage décrits ci-dessus, selon les trois directions de l'espace 35 et pour les trois montures 4, 5, 6, c'est-à-dire selon six degrés de liberté, on procède au blocage du support 2 en position par rapport au bâti 1, grâce aux moyens 56 à 76, 79 à 82 de blocage du dispositif qui sont représentés sur

2761486

22

les figures 2, 4 et 6. Les moyens de blocage en position réglée sont aussi décrits ci-après en référence à la monture médiane gauche 6 uniquement, étant entendu qu'ils sont similaires pour les deux autres montures 4, 5.

5 Les moyens de blocage comportent deux vis 56, 57 parallèles dont l'extrémité libre filetée est engagée dans un taraudage borgne 58, 59 ménagé selon la troisième direction axiale dans la troisième portion 38 du support 2. Pour chacune des vis de blocage 56, 57, la 10 monture 6 comprend un logement de réception 60, 61, et un alésage 63, 64 dont le diamètre interne est supérieur au diamètre externe de la vis 56, 57, de sorte que cette vis 56, 57 peut être engagée dans le taraudage 58, 59 quelle que soit la position réglée du support 2 par rapport à la 15 monture 6. Les logements 60, 61 reçoivent les têtes 65, 66 des vis 56, 57. Pour chaque vis de blocage, une paire de rondelles 67, 68 à portées sphériques en contact est interposée entre la tête 65, 66 de la vis et le fond du logement 60, 61 de la monture 6, de sorte que la vis de 20 blocage 56, 57 prend appui sur ce fond de logement et donc sur la monture 6 quelle que soit l'inclinaison que peut présenter l'axe de la vis de blocage par rapport à ce fond de logement, et par rapport à l'axe de l'alésage 63, 64.

De l'autre côté de l'alésage 63, 64, une 25 autre paire 69, 70 de rondelles à portées sphériques en contact est également placée autour de la vis 56, 57 et en contact avec une portée 71, 72 de la monture 6. En outre, une rondelle 73, 74 est interposée entre cette paire de rondelles 69, 70 à portées sphériques en contact, et une 30 portée 75, 76 en regard de la troisième portion 38 du support 2. Les deux vis de blocage 56, 57 sont donc associées à la monture 6 par des moyens de liaison comprenant deux paires 67, 68 et 69, 70 de rondelles à portées sphériques en contact, qui viennent en appui 35 respectivement contre des portées de la monture 6 orientées en sens opposés. Ainsi, une rondelle d'une première paire 67, 68 vient en appui contre le fond du logement 60, 61 orienté vers la tête de la vis 56, 57, et une rondelle

2761486

23

d'une deuxième paire 69, 70 vient en appui contre la portée 71, 72 orientée vers le support 2. Ces portées (fonds des logements 60, 61 et portées 71, 72) sont définies par des faces planes perpendiculaires à la troisième direction 5 axiale autour des extrémités débouchantes de l'alésage 63, 64 de la monture 6. La portée 71, 72 de la monture 6 est une portée d'appui de la tête 65, 66 de la vis de blocage 56, 57 par l'intermédiaire de la paire de rondelles 67, 68.

La rondelle 73, 74 interposée entre la 10 paire de rondelles 69, 70 à portées sphériques en contact, et ladite portée 75, 76 de la troisième portion 38 du support 2, fait office de cale dont l'épaisseur est adaptée lors du réglage (par exemple par rectification) en fonction de la distance mesurée entre la troisième portion 38 du 15 support 2 et la portion en regard de la monture 6 grâce à la butée micrométrique différentielle 35. Ainsi, cette rondelle 73, 74 comble, avec la paire de rondelles 69, 70 à portées sphériques, entièrement la distance séparant la monture 6 et le support 2 autour de la vis de blocage 56, 20 57.

Lors du serrage de la vis de blocage 56, 57, cette distance est donc conservée. En outre, les surfaces en contact des paires de rondelles à portées sphériques 67, 68 et 69, 70 avec les portées 25 correspondantes de la monture 6, sont telles qu'elles présentent un coefficient de frottement statique le plus élevé possible, de sorte que le serrage des vis de blocage 56, 57 bloque également le support 2 par rapport à la monture 6 en empêchant les déplacements relatifs selon les 30 première et deuxième directions.

Dans le mode de réalisation représenté, pour chaque monture 4, 5, 6, le dispositif comprend au moins avantageusement deux vis de blocage 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 parallèles entre elles disposées de chaque côté du 35 dispositif de réglage grossier 30 à 32 et le plus près possible de ce dispositif de réglage grossier 30 à 32. Le nombre de vis de blocage prévu est adapté en fonction des efforts mécaniques que ces vis doivent supporter en

2761486

24

situation d'utilisation (notamment au décollage). Le dispositif de réglage grossier 30 à 32, le dispositif de réglage fin 33 à 35 et les deux vis de blocage 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 sont disposés de façon à coopérer avec les 5 extensions 27, 28, 29 axiales selon la troisième direction du support 2 et pour être les plus proches les uns des autres que possible.

Grâce aux rondelles à portées sphériques en contact et à la différence de diamètre entre les alésages 10 63, 64 et les vis de blocage, ces vis 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 de blocage peuvent être serrées dans les taraudages 58, 59 du support 2 avec différentes positions et orientations relatives pouvant être prises par le support 2 par rapport aux montures 4, 5, 6, compte tenu des plages admises pour 15 les amplitudes de réglage pour les différents moyens de réglage des différentes montures. Les vis de blocage et leurs moyens 58, 59, 67 à 70 de liaison au support 2 et à la monture 6 sont adaptés pour bloquer, après serrage, la monture 6 et le support 2 en position, les vis de blocage 20 s'étendant au moins sensiblement selon la troisième direction axiale. De préférence, toutes les vis de blocage sont orientées axialement et serrées dans le même sens.

En variante non représentée, pour chaque vis de blocage, les deux paires de rondelles à portées 25 sphériques en contact peuvent être remplacées par une liaison rotule.

Par ailleurs, les différents moyens de réglage présentent des pièces adaptées pour être amovibles et dissociées du bâti 1 et/ou du support 2 après le blocage 30 en position réglée. En particulier, les cylindres élastiques 44, 47, les tiges filetées 40 avec leurs écrous 48 et leurs rondelles 45, 46, 50, 51, c'est-à-dire l'ensemble du dispositif de réglage grossier 32 des troisièmes moyens de réglage micrométrique et les 35 différentes butées micrométriques 9 à 12, 20 à 22, 33 à 35 verticales, horizontales transversales, et horizontales axiales sont amovibles après le blocage en position réglée et peuvent être dissociés de la monture 6 et du support 2.

2761486

25

La portée 55 de la troisième portion 38 du support 2 sur laquelle la tige 54 de la butée micrométrique différentielle 35 appuie est formée par une pièce 77 qui est montée amovible par rapport à l'extension 27, 28, 29 5 correspondante du support 2, et ce grâce à des vis. Cette pièce 77 amovible est disposée de façon à refermer le logement 43 en forme de gorge ménagé dans la troisième portion 38 du support 2 pour recevoir le cylindre 44 élastique. Ainsi, lorsque cette pièce 77 définissant la 10 portée 55 est enlevée, le logement 43 est ouvert vers le centre du support 2 et le cylindre 44 peut être extrait transversalement. Dès lors, pour démonter le dispositif de réglage grossier 32, il suffit de dévisser la vis 40 en agissant sur son extrémité carrée 49, d'enlever la pièce 77 15 formant la portée 55, et d'extraire le cylindre 44 par l'ouverture ainsi dégagée du logement 43.

Les butées micrométriques 9 à 12 et 20 à 22 de réglage selon les première et deuxième directions sont avantageusement portées par des supports individuels 78 20 fixés à chaque monture par des vis. En démontant les supports individuels 78, on démonte simultanément les butées micrométriques correspondantes. En variante, pour certaines des butées micrométriques, par exemple pour la butée micrométrique 22 horizontale transversale de la 25 monture 6 et pour les butées micrométriques différentielles 33, 34, 35 axiales, les corps de ces butées micrométriques sont directement fixés par vissage dans un taraudage de la monture. Lorsque toutes les vis de blocage 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 sont serrées et que les différentes pièces des 30 moyens de réglage sont démontées, le dispositif de positionnement se présente en configuration de vol tel que représenté sur les figures 2, 4, 6.

Sur la figure 4, les portées de contact 19 pour les butées 9 à 12 micrométriques verticales sont 35 représentées, mais il est entendu que ces portées pourraient être également démontées avant le décollage. Sur les figures 3 et 4, le bâti 1 n'est pas représenté pour plus de clarté, seules les montures 4, 5, 6 étant

2761486

26

représentées.

Il est également à noter que les cylindres en matériau élastomère 44, 47, qui ne pourraient pas être intégrés dans un système spatial (compte tenu du dégazage 5 du caoutchouc dans le vide) sont démontés après le blocage du support 2 en position réglée.

Les différentes butées micrométriques et les portées 19, 26 et 55 sur lesquelles elles appuient, sont en un matériau adapté pour permettre le réglage et le 10 soutien du support 2 et du miroir 3 lors du réglage au sol, compte tenu de la masse totale ainsi suspendue. En outre, la portée 55 d'appui de la tige mobile des butées micrométriques différentielles 33, 34, 35 et ces butées elles-mêmes sont choisies de façon à pouvoir écarter le 15 support 2 de la monture à l'encontre du cylindre élastique 47. L'ensemble de ces butées et des portées correspondantes sont en un matériau extrêmement dur, et sont adaptées pour supporter des efforts axiaux importants, notamment de l'ordre de 50 N à 150 N, pour un support 2 et un miroir 3 20 ayant une masse totale pouvant aller jusqu'à 15 kg. Les différentes butées micrométriques 9 à 12, 20 à 22 et 33 à 35 sont par exemple des butées telles que commercialisées par la Société MICRO-CONTROLE (EVRY, FRANCE).

De même, les différentes montures 4, 5, 6 25 sont formées en un matériau extrêmement résistant et rigide afin d'éviter toute modification du réglage de la position du miroir 3 lors du serrage des vis de blocage 56, 57, puis lors du décollage.

Le dispositif selon l'invention fonctionne 30 de la façon suivante.

On place tout d'abord le support 2 dans l'ouverture 7 en engageant les tiges filetées 40 préalablement fixées sur le support 2 à travers les alésages 42 des montures 4, 5, 6, et après avoir inséré les 35 rondelles 45, 46 et les cylindres 44. Les montures 4, 5, 6 sont dotées des butées micrométriques 9 à 12, 20 à 22, 33 à 35 de réglage. Par contre, lors du réglage, les vis de blocage ne sont pas installées.

2761486

27

Pour faciliter ce centrage initial, au moins deux goujons de centrage peuvent être prévus respectivement montés dans des taraudages 58, 59 destinés ultérieurement aux vis de blocage. Ces goujons prennent 5 ainsi appui radialement dans les alésages 63, 64 correspondants des montures 4, 5, 6.

On serre ensuite les écrous 48 des différents dispositifs de réglage grossier 30, 31, 32.

On réalise ensuite le centrage du support 2 10 et du miroir 3 en mettant les sept butées verticales 9 à 12 et horizontales transversales 20 à 22 au contact de leur portée respective.

On règle ensuite la position du support 2 en tilts et en focus, c'est-à-dire en inclinaison et en 15 position axiale par rapport à l'axe de l'ouverture 7, tout d'abord grâce aux écrous 48 des dispositifs 30 à 32 de réglage grossier, puis, au micron près, grâce aux butées micrométriques différentielles 33 à 35, selon la précision moyenne puis selon la position fine. On effectue ces 20 réglages par itérations successives et mesures optiques en contrôlant la qualité de l'image obtenue. Lorsque le réglage en position optimale est obtenu, on mesure la distance axiale séparant les portées 55 du support 2 des portées 52 des montures 4, 5, 6 dans la troisième direction 25 axiale grâce aux différentes butées micrométriques différentielles 33 à 35 comme décrit ci-dessus. On choisit ensuite chacune des rondelles 73, 74 (cales) d'épaisseur déterminée en fonction de cette mesure de distance, puis on pose et on serre au couple de serrage nominal les 30 différentes vis 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 de blocage. On réalise à nouveau un contrôle optique de la qualité d'image obtenue. Si celle-ci n'est pas satisfaisante, on réalise une nouvelle mesure micrométrique pour évaluer les modifications à apporter sur les rondelles 73, 74 (cales). 35 Ensuite, on desserre et on enlève les vis de blocage et les rondelles cales, on modifie l'épaisseur des rondelles cales selon la mesure précédente, on remonte les vis de blocage, puis on procède à un nouveau contrôle optique. On procède

2761486

28

ainsi par itérations successives jusqu'à ce que l'image obtenue après serrage des vis de blocage au couple nominal soit considérée comme satisfaisante. On démonte ensuite l'ensemble des pièces amovibles ayant servi aux réglages 5 comme indiqué ci-dessus.

Le dispositif selon l'invention permet un réglage isostatique suivi d'un blocage isostatique du support 2 par rapport au bâti 1. On obtient ainsi un réglage micrométrique extrêmement fin du positionnement du 10 miroir 3 par rapport au bâti 1 et un blocage de la position du miroir 3 ainsi réglée, compatible avec des accélérations supportées par le dispositif au décollage (typiquement de 30 g ou plus).

Le dispositif représenté sur les figures 15 est applicable pour le positionnement micrométrique d'un miroir asphérique de télescope d'observation de la Terre depuis l'espace. L'invention est néanmoins applicable également pour le positionnement micrométrique de tout autre élément optique selon six degrés de liberté, dans un 20 système optique destiné à être intégré dans un système spatial.

Par ailleurs, les modes de réalisation décrits et représentés sur les figures peuvent faire l'objet de nombreuses variantes. En particulier, d'autres 25 modes de réalisation équivalents du point de vue cinématique et mécanique, des différents moyens de réglage et de blocage peuvent être prévus. Par exemple, les butées micrométriques 9 à 12, 20 à 22 et 33 à 35 peuvent être portées par le support 2 et non par les montures 4, 5, 6. 30 De même, les dispositifs de réglage grossier 30 à 32 peuvent être portés fixes par les montures 4, 5, 6 et non par le support 2. Egalement, les vis de blocage 56, 57 ; 79, 80 ; 81, 82 peuvent venir en appui directement sur la monture et/ou être vissées dans un taraudage de la monture, 35 les rondelles à portées sphériques ou la liaison rotule étant prévues pour coopérer avec le support 2 doté d'un alésage traversé par la vis de blocage. En outre, selon la géométrie de l'élément optique considéré, les positions

2761486

29

relatives des trois montures 4, 5, 6 peuvent être différentes de celles représentées et décrites.

2761486

30

REVENDICATIONS

1/ - Dispositif de positionnement micrométrique, par rapport à un bâti (1), d'un support (2) d'élément optique (3) destiné à être intégré dans un 5 système spatial, caractérisé en ce qu'il comprend trois montures (4, 5, 6) solidaires du bâti (1) et, pour chaque monture (4, 5, 6) :

. des premiers moyens (9 à 12) de réglage en translation selon une première direction, d'une première 10 portion (13 à 15) du support (2) par rapport à la monture (4, 5, 6),

. des deuxièmes moyens (20 à 22) de réglage en translation selon une deuxième direction au moins sensiblement orthogonale à la première direction, d'une 15 deuxième portion (24, 25) du support (2) par rapport à la monture (4, 5, 6),

. des troisièmes moyens (30 à 35) de réglage micrométrique en translation, selon une troisième direction au moins sensiblement orthogonale à la première 20 et à la deuxième direction, d'une troisième portion (36 à 38) du support (2) par rapport à la monture (4, 5, 6), ces troisièmes moyens (30 à 35) de réglage micrométrique comprenant des moyens (33 à 35) de mesure micrométrique de la distance séparant la troisième portion (36 à 38) du 25 support (2) et une portion en regard de la monture (4, 5, 6),

les différents premiers, seconds et troisièmes moyens (9 à 12, 20 à 22, 30 à 35) de réglage des différentes montures (4, 5, 6) étant adaptés pour pouvoir 30 supporter et maintenir le support (2) et l'élément optique (3) en place par rapport au bâti (1), et pour permettre le réglage de la position du support (2) par rapport au bâti (1) selon six degrés de liberté,

. des moyens (56 à 76, 79 à 82) de blocage 35 en position réglée du support par rapport au bâti (1) comportant :

- au moins une vis (56, 57, 79 à 82) de blocage associée au support (2) et à la monture (4, 5, 6)

2761486

31

par l'intermédiaire de moyens (58, 59, 67 à 70) de liaison adaptés pour être compatibles avec différentes positions et orientations relatives pouvant être prises par le support (2) par rapport aux montures (4, 5, 6), compte tenu des 5 plages admises pour les amplitudes de réglage pour les différents moyens de réglage des différentes montures (4, 5, 6), la vis de blocage (56, 57, 79 à 82) et les moyens de liaison étant adaptés pour bloquer, après serrage, la monture (4, 5, 6) et le support (2) l'un par rapport à 10 l'autre en position,

- au moins une cale (73, 74) d'épaisseur déterminée en fonction de la distance mesurée entre la troisième portion (36 à 38) du support (2) et la portion en regard de la monture, cette cale (73, 74) étant 15 placée de façon à combler, avec lesdits moyens de liaison, entièrement la distance séparant la monture (4, 5, 6) du support (2) autour de la vis de blocage (56, 57, 79 à 82),

de sorte que la position du support (2) par rapport au bâti (1) peut être réglée au sol avec une grande 20 précision selon six degrés de liberté, puis bloquée avec des vis de blocage (56, 57, 79 à 82) permettant de maintenir cette position réglée lors du lancement du système spatial et dans l'espace.

2/ - Dispositif selon la revendication 1, 25 caractérisé en ce que les troisièmes moyens (30 à 35) de réglage micrométrique sont adaptés pour permettre le réglage selon au moins trois précisions distinctes, à savoir une précision grossière, une précision moyenne et une précision fine.

30 3/ - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la précision fine est inférieure ou égale à 1 µm.

4/ - Dispositif selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que lesdites 35 précisions, grossière et moyenne, sont de l'ordre de 100 µm et 10 µm.

5/ - Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les troisièmes

2761486

32

moyens (30 à 35) de réglage micrométrique comprennent un dispositif de réglage grossier (30 à 32) adapté pour permettre le réglage selon la précision grossière, et un dispositif de réglage fin (33 à 35) distinct adapté pour 5 permettre le réglage selon les précisions moyenne et fine.

6/ - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de réglage grossier (30 à 32) est exempt de moyens de mesure de la distance entre la troisième portion (38) du support (2) et la portion en 10 regard de la monture (4, 5, 6).

7/ - Dispositif selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que le dispositif de réglage grossier (30 à 32) comprend :

15 - deux organes (44, 47) de rappel élastique adaptés pour exercer des forces de rappel antagonistes sur une première pièce solidaire, soit de la monture (4, 5, 6), soit du support (2),

20 - un système de réglage vis/écrou (40, 48) de la distance entre une deuxième pièce solidaire respectivement soit du support (2), soit de la monture (4, 5, 6), et une pièce complémentaire (48), l'un (47) des organes de rappel élastique prenant appui sur ladite pièce complémentaire (48) tandis que l'autre (44) organe de rappel élastique prend appui sur cette deuxième pièce.

25 8/ - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les deux organes (44, 47) de rappel élastique sont des cylindres de matériau synthétique élastique en compression, et en ce que le système vis/écrou (40, 48) est adapté pour que les deux cylindres (44, 47) 30 soient à l'état comprimé en toute position de réglage.

9/ - Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la raideur de chacun des organes (44, 47) de rappel élastique est adaptée pour permettre le maintien en position du support (2) par 35 rapport au bâti (1) sous l'effet de la gravité mais pour autoriser des réglages par action sur les premiers et deuxièmes moyens de réglage et sur le dispositif de réglage fin (33 à 35) des troisièmes moyens de réglage

2761486

33

micrométrique.

10/ - Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que le système vis/écrou (40, 48) comprend une tige (40) traversant un 5 alésage (42) ménagé à travers ladite première pièce, et en ce que cet alésage (42) est d'un diamètre interne supérieur au diamètre externe de la tige (40) de façon à permettre les déplacements relatifs et les réglages selon lesdites première et deuxième directions.

10 11/ - Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que des rondelles (45, 46, 50, 51) en matériau à faible coefficient de frottement statique sont interposées de chaque côté de l'alésage (42), entre chaque extrémité des organes (44, 47) 15 de rappel élastique et une face d'appui en regard de la première pièce, de façon à faciliter les déplacements relatifs selon les première et deuxième directions sous l'effet des premiers et deuxièmes moyens de réglage.

12/ - Dispositif selon l'une des 20 revendications 7 à 11, caractérisé en ce que le dispositif (30 à 32) de réglage fin est adapté pour repousser lesdites première et deuxième pièces à l'encontre des organes (44, 47) de rappel élastiques du dispositif de réglage grossier (30 à 32).

25 13/ - Dispositif selon l'une des revendications 5 à 12, caractérisé en ce que le dispositif de réglage fin (33 à 35) comprend des moyens de mesure micrométrique de la distance séparant la troisième portion du support et la portion en regard de la monture selon deux 30 sensibilités distinctes, à savoir une sensibilité moyenne et une sensibilité fine.

14/ - Dispositif selon les revendications 5 et 13, caractérisé en ce que les sensibilités moyenne et fine correspondent auxdites précisions moyenne et fine.

35 15/ - Dispositif selon l'une des revendications 5 à 14, caractérisé en ce que le dispositif de réglage fin (33 à 35) comprend un corps (53) porté par la monture (4, 5, 6) et une tige (54) mobile selon la

2761486

34

troisième direction et dont l'extrémité libre vient au contact et en appui sur une portée (55) de la troisième portion (36 à 38) du support (2).

16/ - Dispositif selon l'une des 5 revendications 5 à 15, caractérisé en ce que le dispositif de réglage fin (33 à 35) est constitué d'une butée micrométrique différentielle.

17/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que chaque vis de 10 blocage (56, 57, 79 à 82) s'étend au moins sensiblement selon ladite troisième direction.

18/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que les moyens de liaison comprennent, pour chaque vis de blocage (56, 57, 79 15 à 82), deux paires (67 à 70) de rondelles à portées sphériques en contact, venant en appui contre des portées (60, 61, 71, 72) orientées en sens opposés, de façon à permettre le serrage de la vis de blocage (56, 57, 79 à 82) avec différentes orientations relatives du support (2) 20 et de la monture (4, 5, 6).

19/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que les moyens de liaison comportent, pour chaque vis de blocage (56, 57, 79 à 82), une liaison rotule.

20/ - Dispositif selon l'une des 25 revendications 1 à 19, caractérisé en ce que, pour chaque vis de blocage (56, 57, 79 à 82), le support (2) comprend un taraudage (58, 59) de réception pour une extrémité de la vis de blocage, et la monture (4, 5, 6) comprend une portée 30 d'appui (60, 61) d'une tête (65, 66) de la vis de blocage, et un alésage (63, 64) traversé par la vis de blocage, et en ce que le diamètre interne de l'alésage (63, 64) est supérieur au diamètre externe de la vis de blocage d'une valeur suffisante pour permettre le serrage de la vis de 35 blocage dans le taraudage (58, 59) en toute position du support (2) par rapport au bâti (1) réglée selon les première et deuxième directions.

21/ - Dispositif selon l'une des

2761486

35

revendications 1 à 20, caractérisé en ce que les moyens de liaison comportent une paire de rondelles (67, 68) à portées sphériques en contact interposée entre la tête (65, 66) de la vis de blocage (56, 57, 79 à 82) et la portée 5 d'appui (60, 61) de la monture (4, 5, 6), et une paire de rondelles (69, 70) à portées sphériques en contact placée autour de la vis de blocage entre la monture (4, 5, 6) et le support (2).

22/ - Dispositif selon la revendication 21, 10 caractérisé en ce qu'une paire de rondelles (69, 70) à portées sphériques en contact vient au contact d'une portée (71, 72) de la monture (4, 5, 6) orientée vers le support (2).

23/ - Dispositif selon la revendication 22, 15 caractérisé en ce que la cale (73, 74) est une rondelle interposée entre cette paire de rondelles (69, 70) à portées sphériques en contact qui vient au contact d'une portée (71, 72) de la monture, et une portée (75, 76) de la troisième portion (36 à 38) du support (2).

24/ - Dispositif selon l'une des 20 revendications 1 à 23, caractérisé en ce que les premiers (9 à 12) moyens de réglages et/ou les deuxièmes (20 à 22) moyens de réglage comportent une butée micrométrique portée 25 par la monture (4, 5, 6) ou par le support (2), cette butée micrométrique ayant une tige (18) dont l'extrémité libre vient au contact d'une portée (19, 26) en regard respectivement du support (2) ou de la monture (4, 5, 6).

25/ - Dispositif selon l'une des 30 revendications 1 à 24, caractérisé en ce que les trois montures (4, 5, 6) s'étendent globalement selon un même plan au moins sensiblement perpendiculaire à ladite troisième direction, les moyens de réglage selon la première et la deuxième direction étant des moyens de centrage de l'élément optique (3) par rapport aux montures 35 (4, 5, 6).

26/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 25, caractérisé en ce que les différents moyens (9 à 12, 20 à 22, 30 à 35) de réglage présentent des

2761486

36

pièces adaptées pour être amovibles et dissociées du bâti (1) et/ou du support (2) après le blocage en position réglée.

27/ - Dispositif selon les revendications 5 7, 24 et 26, caractérisé en ce que les organes (44, 47) de rappel élastique et le système vis/écrou (40, 48) du dispositif de réglage grossier (30 0 32) des troisièmes moyens (30 à 35) de réglage micrométrique, et les différentes butées micrométriques (9 à 12, 20 à 22, 33 à 10 35) sont montées de façon à être amovibles après le blocage en position réglée.

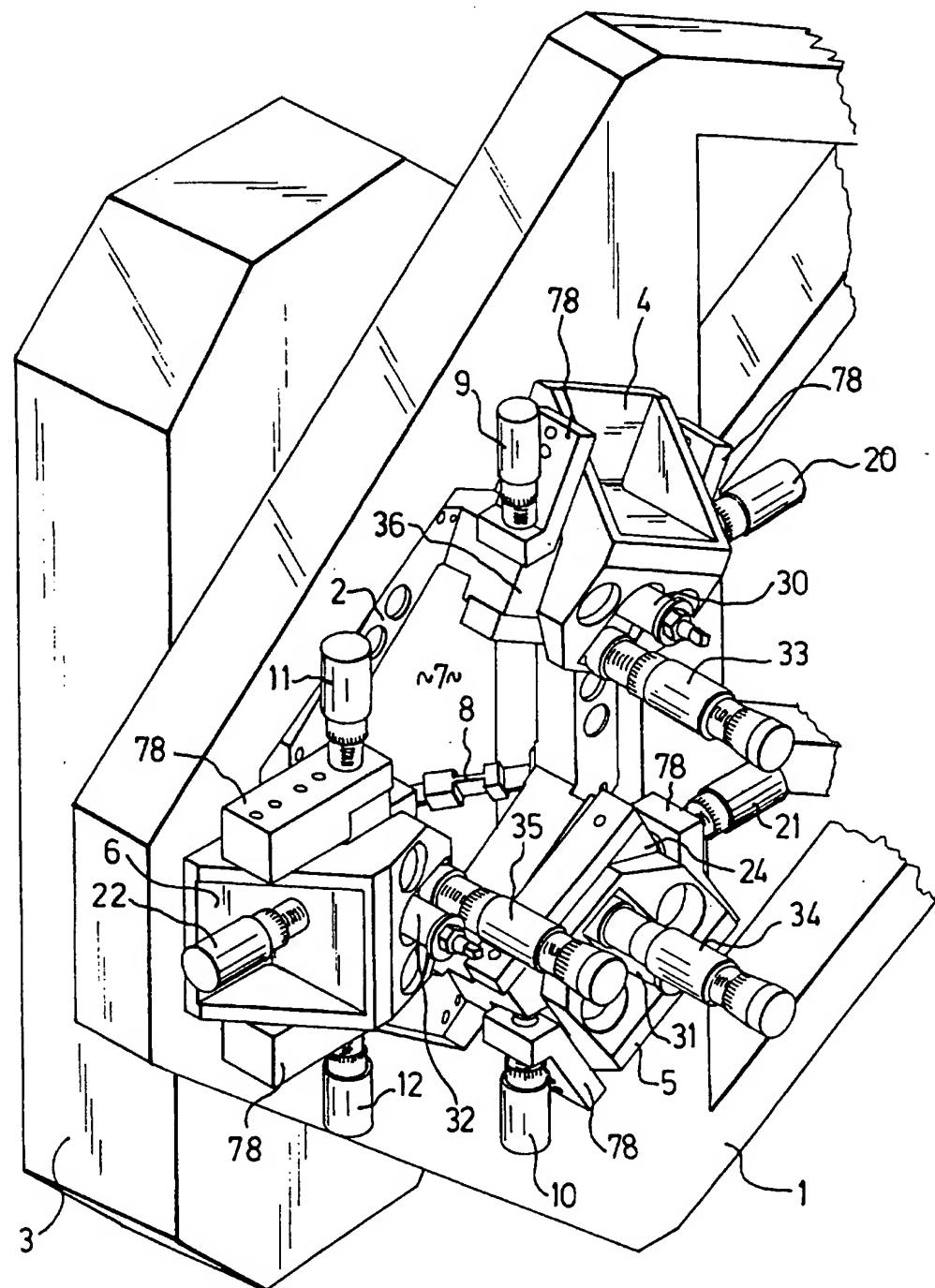
28/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 27, caractérisé en ce que les moyens (56 à 76, 79 à 82) de blocage sont dimensionnés de façon à 15 pouvoir supporter une accélération maximum comprise entre 15 g et 60 g dans toute direction sans modification du réglage.

29/ - Application d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 28, pour la position 20 micrométrique d'un miroir (3) asphérique de télescope à trois miroirs d'observation terrestre depuis l'espace.

2761486

1/6

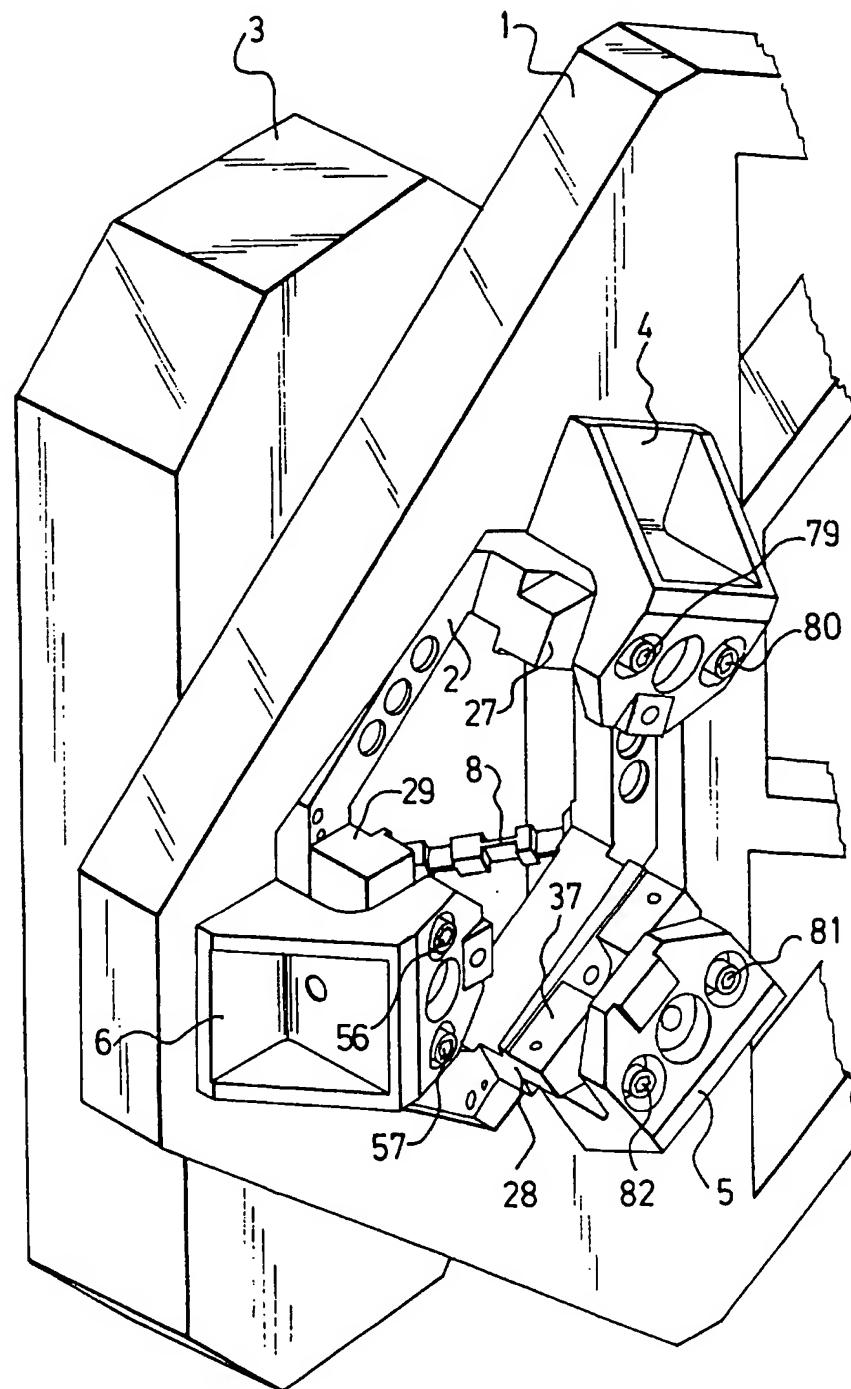
Fig 1



2761486

2/6

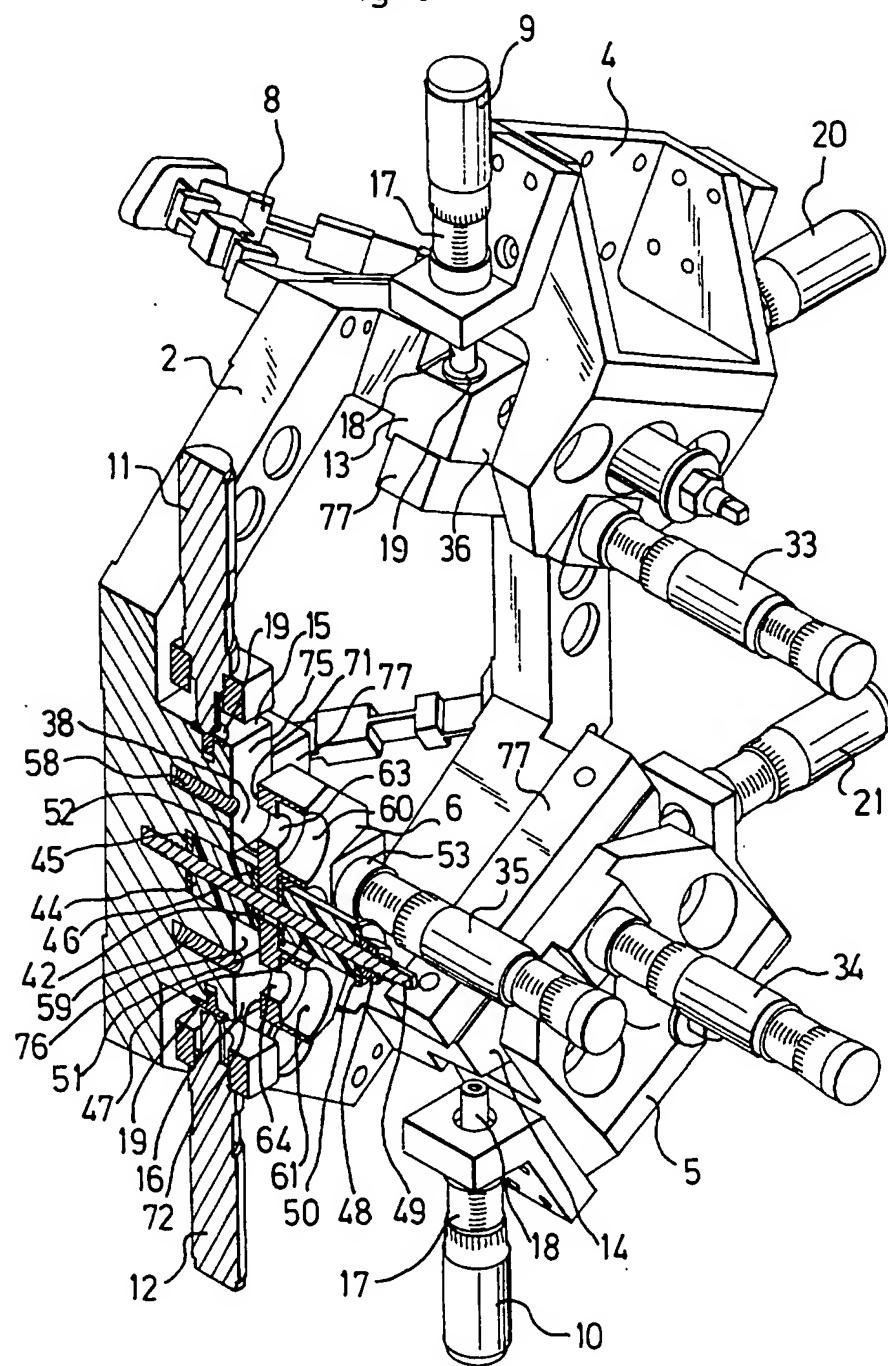
Fig 2



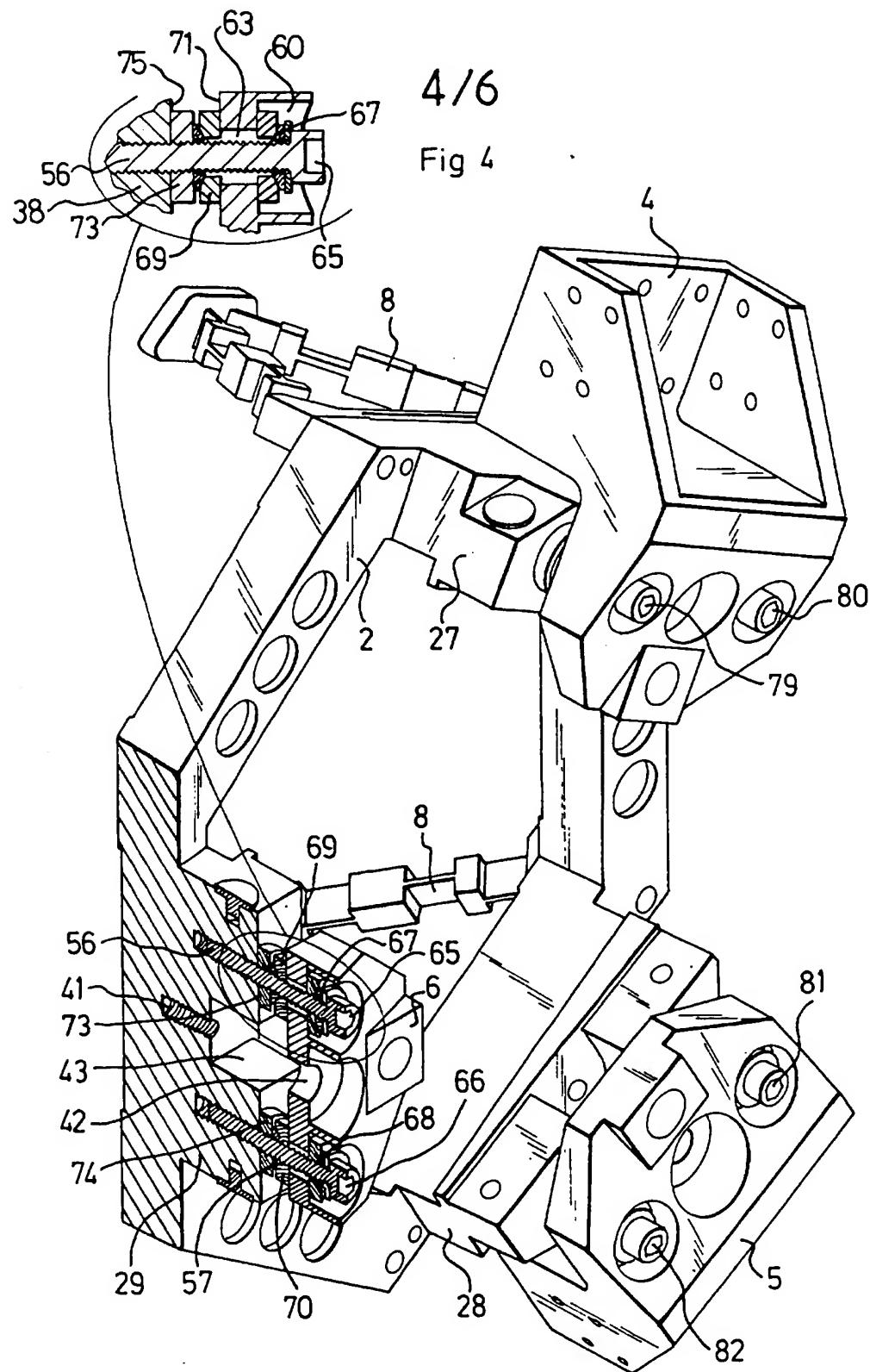
2761486

3/6

Fig 3

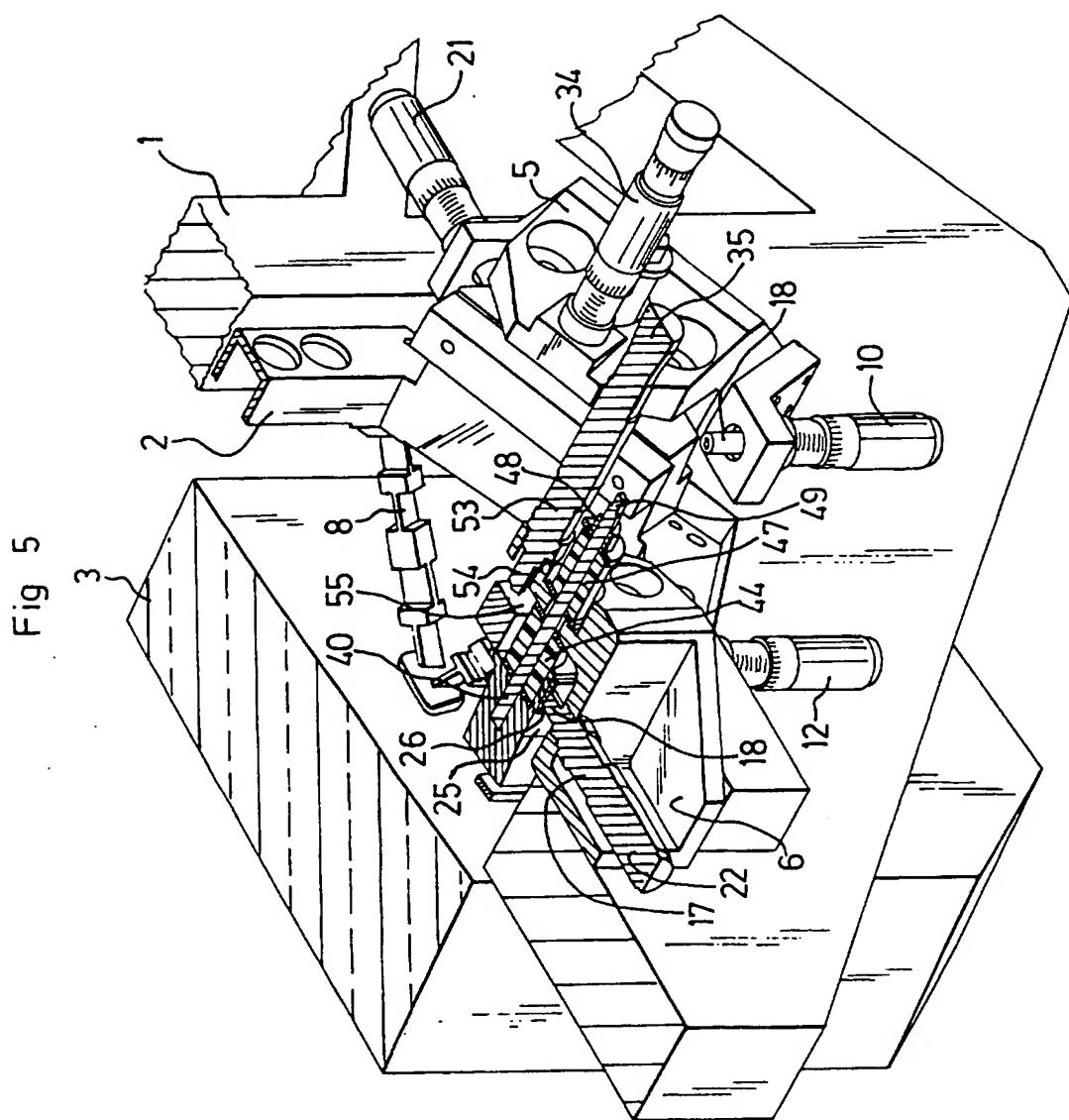


2761486



2761486

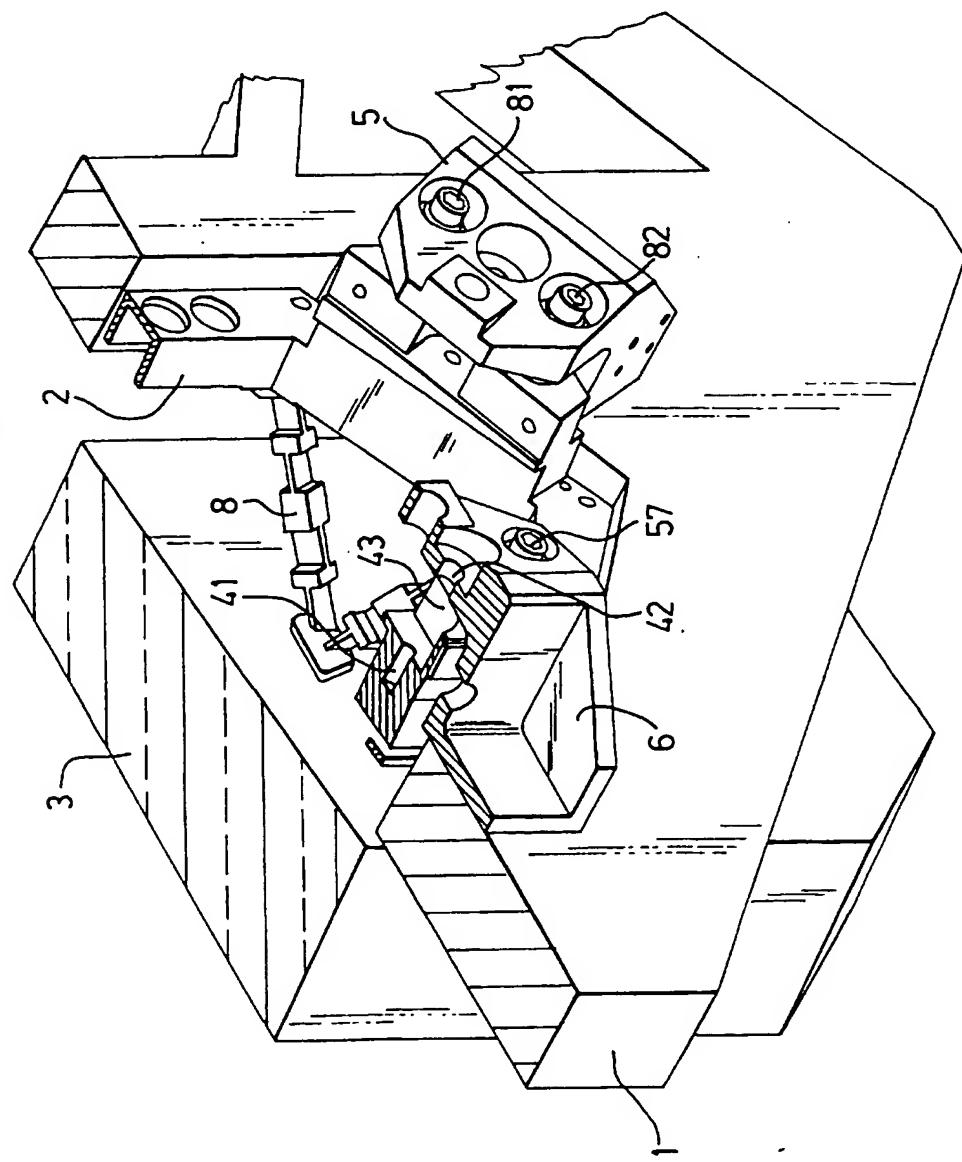
5/6



2761486

6/6

Fig 6



2761486

REPUBLIQUE FRANCAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheN° d'enregistrement
nationalFA 542265
FR 9704034

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | Revendications concernées de la demande examinée |
|---------------------------------------|---|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | |
| A | US 4 763 991 A (KLOTZ JR PAUL R) * colonne 3, ligne 16 - colonne 5, ligne 36 * * figure 1 * --- | 1 |
| A | US 5 181 430 A (PANIN FABIO) * colonne 1, ligne 8 - ligne 13 * * colonne 4, ligne 17 - ligne 56 * * figure 2 * --- | 1 |
| A | FR 2 534 663 A (MATRA) * page 1, ligne 11 - ligne 21 * * page 4, ligne 1 - ligne 28 * * figure 1 * --- | 1 |
| A | EP 0 701 157 A (AEROSPATIALE) * colonne 1, ligne 7 - ligne 27 * * colonne 4, ligne 48 - colonne 5, ligne 6 * * figure 1 * --- | 1 |
| A | US 3 989 358 A (MELMOTH DAVID L) * colonne 1, ligne 31 - colonne 2, ligne 31 * * figures 1-3 * --- | 1 |
| A | WEST S C ET AL: "OPTICAL METROLOGY FOR TWO LARGE HIGHLY ASPHERIC TELESCOPE MIRRORS" APPLIED OPTICS, vol. 31, no. 34, 1 décembre 1992, pages 7191-7197, XP000324440 * chapter 3 * --- | 1 |
| 1 | Date d'achèvement de la recherche 28 novembre 1997 | Examinateur Luck, W |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant |
| EPO FORM 1503 Q3 A2 (POAC13) | | |